

(19) Japan Patent Office (JP)

(12) Published Patent Application (A)

(11) Publication Number of Patent Application: No. 2004-119201 (P2004-119201A)

(43) Date of Publication: April 15, 2004 (2004. 4. 15)

5

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	FI	Theme Code (Reference)
H05B 33/22	H05B 33/22	D 3K007
H05B 33/12	H05B 33/12	B
H05B 33/14	H05B 33/14	A

Request for Examination: Not requested

Number of Claims: 2 OL (Total 11 pages)

10 (21) Application Number: No. 2002-281204 (P2002-281204)

(22) Date of Application: September 26, 2002 (2002. 9. 26)

(71) Applicant: 000003078

TOSHIBA CORPORATION

15 1-1-1, Shibaura, Minato-ku, Tokyo

(74) Agent: 100058479

Patent Attorney, Takehiko SUZUE

(74) Agent: 100084618

Patent Attorney, Sadao MURAMATSU

20 (74) Agent: 100068814

Patent Attorney, Jun TSUBOI

(74) Agent: 100092196

Patent Attorney, Yoshiro HASHIMOTO

(74) Agent: 100091351

25 Patent Attorney, Akira KOHNO

(74) Agent: 100088683

Patent Attorney, Makoto NAKAMURA

Continued on the last page

(54) [Title of the Invention] ORGANIC EL DISPLAY DEVICE

(57) [Abstract]

5 [Problem] To provide an organic EL display device which can realize both high luminance and low power consumption in all pixels that emit light of different colors from each other.

[Solution] An organic EL display device 1 of the present invention includes a substrate 11, and first to third organic EL elements 30R, 30G, and 30B which are arranged  
10 over one main surface of the substrate 11 and emit light of different colors from each other. Each of the first to third organic EL elements 30R, 30G, and 30B includes an anode 25, a cathode 29 facing the anode 25, a light emitting layer 28 interposed between the anode 25 and the cathode 29, and a hole injecting layer 27 interposed between the anode 25 and the light emitting layer 28. The hole injecting layers 27 of at least two of  
15 the first to third organic EL elements 30R, 30G, and 30B contain a donor material and an acceptor material, and there is a difference in ratio of the acceptor material to the donor material between at least two of the first to third organic EL elements 30R, 30G, and 30B.

[Chosen Drawing] FIG. 1

[Scope of Claims]

[Claim 1]

An organic EL display device comprising a substrate, and first to third organic EL elements which are arranged over one main surface of the substrate and emit light of  
5 different colors from each other,

wherein each of the first to third organic EL elements includes an anode, a cathode facing the anode, a light emitting layer interposed between the anode and the cathode, and a hole injecting layer interposed between the anode and the light emitting layer, and

10 the hole injecting layers of at least two of the first to third organic EL elements contain a donor material and an acceptor material and there is a difference in ratio of the acceptor material to the donor material between at least two of the first to third organic EL elements.

[Claim 2]

15 The organic EL display device according to claim 1, wherein there is a difference in thickness between the hole injecting layers of at least two of the first to third organic EL elements.

[Detailed Description of the Invention]

20 [0001]

[Technical Field to which the Invention Pertains]

The present invention relates to an organic EL (electroluminescence) display device and particularly to an organic EL display device in which each organic EL element includes a hole injecting layer.

25 [0002]

[Prior Art]

With the recent development of information society, a variety of mobile devices and terminal devices are becoming more and more popular, and the demand for reduction in power consumption of display devices incorporated therein keeps growing.

30 Organic EL elements are self-light-emitting surface emitting diodes (C. W. Tang and S. A. VanSlyke, Appl. Phys. Lett. 51, 913 (1987)), which can cause light emission by application of a low voltage of 10 V or less and can realize various emission colors

including three colors of blue, green, and red. From these aspects, organic EL display devices are attracting attention as a major candidate for next-generation flat-screen display devices to replace liquid crystal display devices. However, organic EL display devices have the following problem.

5 [0003]

The number  $P$  of photons emitted from an organic EL element of an organic EL display device to the outside of the device through a glass substrate is expressed by the following equation:

$$P = \phi_{\text{EXT}} \cdot A \cdot J / e \quad \dots (1)$$

10 where  $J$  is the density of current per unit area flowing in the element, and  $\phi_{\text{EXT}}$  is luminous efficiency (external quantum efficiency). Note that, in this equation (1),  $A$  represents the element area and  $e$  represents the elementary charge. As is clear from the above equation (1), if  $\phi_{\text{EXT}}$  is high, sufficient display luminance can be realized with small current, and an increase in luminance and a reduction in power consumption can  
15 be achieved at the same time.

[0004]

The luminous efficiency (external quantum efficiency)  $\phi_{\text{EXT}}$  is expressed by the following equation:

$$\phi_{\text{EXT}} = \chi \cdot \phi_{\text{PL}} \cdot \phi_{\text{OUT}} \quad \dots (2)$$

20 where  $\chi$  is the electron-hole carrier balance,  $\phi_{\text{PL}}$  is the PL (photoluminescence) luminous efficiency of a material which forms a light emitting layer, and  $\phi_{\text{OUT}}$  is the light extraction efficiency.

[0005]

In general, the light extraction efficiency  $\phi_{\text{OUT}}$  is the same among pixels  
25 corresponding to red, green, and blue if the pixel structure is the same. Thus, in order to achieve an increase in luminance and a reduction in power consumption at the same time, the electron-hole carrier balance  $\chi$  and the PL luminous efficiency  $\phi_{\text{PL}}$  need to be enhanced for each color of red, green, and blue, whereby the luminous efficiency (external quantum efficiency)  $\phi_{\text{EXT}}$  needs to be enhanced to increase the number  $P$  of  
30 photons.

[0006]

However, in general, there is a difference in PL luminous efficiency  $\phi_{\text{PL}}$  among

light emitting materials that emit red, green, and blue light. Thus, in order to enhance and roughly equalize the PL luminous efficiencies  $\phi_{PL}$  for emission colors of red, green, and blue, development of a novel light emitting material, purification of a light emitting material, selection of appropriate combination, and the like are required.

5 [0007]

On the other hand, the electron-hole carrier balance  $\chi$  is dependent on device structure and is particularly strongly dependent on structures of a hole injecting layer and a cathode. The electron-hole carrier balance  $\chi$  can be approximated by the following formula:

10 
$$\chi = 2J_e/(J_e+J_h) \cdots (3)$$

where  $J_e$  is the electron current,  $J_h$  is the hole current, and electron is minority carrier.

The electron current  $J_e$  is affected by the height of a barrier between a light emitting layer and a cathode, and the hole current  $J_h$  is affected by the height of a barrier  
 15 between a hole injecting layer and a light emitting layer. In addition, different emission colors naturally require different energy levels of light emitting materials. Thus, in a conventional organic EL display device where the same structures are employed for hole injecting layers and cathodes of pixels for red, green, and blue, there is a difference in electron current  $J_e$  and hole current  $J_h$  among these pixels. That is, in  
 20 a conventional organic EL display device, there is also a difference in electron-hole carrier balance  $\chi$  among pixels for red, green, and blue.

[0008]

If there are differences in electron-hole carrier balance  $\chi$  and PL luminous efficiency  $\phi_{PL}$  among pixels for red, green, and blue as mentioned above, it is necessary  
 25 to make a difference in current density  $J$  among these pixels in order to balance luminance among the pixels for red, green, and blue to ensure white balance. However, in the case of increasing the current density  $J$  of a pixel having lower electron-hole carrier balance  $\chi$  and PL luminous efficiency  $\phi_{PL}$ , the power consumption of the pixel is increased and the lifetime of the pixel is significantly shortened. Thus, in a  
 30 conventional organic EL display device, the luminance of a pixel having higher electron-hole carrier balance  $\chi$  and PL luminous efficiency  $\phi_{PL}$  has to be sacrificed. That is, with a conventional organic EL display device, it has been difficult to realize

both high luminance and low power consumption in all pixels that emit light of different colors from each other.

[0009]

[Problem to be Solved by the Invention]

5           The present invention is made in view of the above problem, and it is an object of the present invention to provide an organic EL display device which can realize both high luminance and low power consumption in all pixels that emit light of different colors from each other.

10           It is another object of the present invention to provide an organic EL display device in which luminous efficiency is optimized for each emission color.

[0010]

[Means to Solve the Problem]

15           In order to solve the above problem, the present invention provides an organic EL display device characterized by including a substrate, and first to third organic EL elements which are arranged over one main surface of the substrate and emit light of different colors from each other, wherein each of the first to third organic EL elements includes an anode, a cathode facing the anode, a light emitting layer interposed between the anode and the cathode, and a hole injecting layer interposed between the anode and the light emitting layer, and the hole injecting layers of at least two of the first to third  
20   organic EL elements contain a donor material and an acceptor material and there is a difference in ratio of the acceptor material to the donor material between at least two of the first to third organic EL elements.

[0011]

25           In the present invention, there may be a difference in thickness between the hole injecting layers of at least two of the first to third organic EL elements.

          Note that, in the present invention, the ratio of an acceptor material to a donor material, i.e. A/D ratio, may be any of a molar ratio (in the case of a polymer, a ratio of the number of repeating units), a mass ratio, and a volume ratio, but the A/D ratio hereinafter means the weight ratio of an acceptor material to a donor material unless  
30   otherwise specified.

[0012]

[Embodiment of the Invention]

Hereinafter, embodiments of the present invention are described in detail with reference to the drawings. Note that, in the respective drawings, similar or like components are denoted by the same reference numeral, and overlapping description is omitted.

5 [0013]

FIG. 1 is a cross-sectional view schematically illustrating an organic EL display device according to a first embodiment of the present invention. An organic EL display device 1 illustrated in FIG. 1 has a structure in which an array substrate 2 and a sealing substrate 3 face each other with a sealing layer 4 interposed therebetween. The  
10 sealing layer 4 is provided along the periphery of the sealing substrate 3, whereby a sealed space is formed between the array substrate 2 and the sealing substrate 3. This space is filled with a noble gas such as an Ar gas or an inert gas such as an N<sub>2</sub> gas.

[0014]

The array substrate 2 has a substrate 11. Over the substrate 11, for example,  
15 an SiN<sub>x</sub> layer 12 and an SiO<sub>2</sub> layer 13 are sequentially stacked as undercoat layers. Over the undercoat layer 13, semiconductor layers 14 such as polysilicon layers in which channels and source-drains are formed, a gate insulating film 15, and gate electrodes 16 are sequentially stacked, which form top-gate thin film transistors (hereinafter referred to as TFTs) 20.

20 [0015]

Over the gate insulating film 15 and the gate electrodes 16, an interlayer insulating film 21 made from SiO<sub>2</sub> or the like is provided. Over the interlayer insulating film 21, an electrode wiring (not illustrated) and source-drain electrodes 23 are provided, which are buried in a passivation film 24 made from SiN<sub>x</sub> or the like.  
25 Note that the source-drain electrodes 23 are electrically connected to the source-drains of the TFTs 20 via contact holes provided in the interlayer insulating film 21.

[0016]

Over the passivation film 24, transparent pixel electrodes (anodes) 25 and a partition insulating layer 26 are disposed side by side. The partition insulating layer 26  
30 has a structure in which a hydrophilic insulating layer 26a and a water-repellent insulating layer 26b are sequentially stacked. In addition, the partition insulating layer 26 is provided with openings corresponding to the anodes 25.

[0017]

Over the anodes 25 which are exposed in the openings of the partition insulating layer 26, hole injecting layers (or buffer layers) 27 and organic light emitting layers 28 are sequentially stacked. The hole injecting layers 27 contain, for example, a donor material and an acceptor material and function to mediate hole injection from the anodes 25 into the organic light emitting layers 28. In addition, the organic light emitting layers 28 are thin films containing, for example, a luminescent organic compound which emits red, green, or blue light.

[0018]

Over the partition insulating layer 26 and the light emitting layers 28, a common electrode (cathode) 29 is provided, and the cathode 29 is electrically connected to an electrode wiring via a contact hole (not illustrated) provided in the passivation film 24 and the partition insulating layer 26. Each of organic EL elements 30R, 30G, and 30B which emit red, green, and blue light includes the anode 25, the hole injecting layer 27, the light emitting layer 28, and the cathode 29.

[0019]

Now, in this embodiment, a difference in material is made between the hole injecting layers 27 of at least two kinds of the organic EL elements 30R, 30G, and 30B. The height of the barrier between the hole injecting layer 27 and the light emitting layer 28 varies depending on a material of the hole injecting layer 27. Thus, as is clear from the above equation (3), when materials of the hole injecting layers 27 are optimized for respective emission colors of the organic EL elements 30R, 30G, and 30B, the electron-hole carrier balance  $\chi$  can be optimized depending on material characteristics of organic EL light emitting layers.

[0020]

Therefore, when materials in the hole injecting layers 27 of the organic EL elements 30R, 30G, and 30B are each appropriately set, high luminous efficiency (external quantum efficiency)  $\phi_{\text{EXT}}$  can be realized in each of the organic EL elements 30R, 30G, and 30B, and in addition, a difference in luminous efficiency (external quantum efficiency)  $\phi_{\text{EXT}}$  among them can be reduced. Accordingly, both high luminance and low power consumption can be realized in all of the organic EL elements 30R, 30G, and 30B.



[0021]

In this embodiment, in order to appropriately set materials of the hole injecting layers 27, the hole injecting layers 27 of the organic EL elements 30R, 30G, and 30B are formed with mixtures each containing a donor material of the same composition and an acceptor material of the same composition, and a difference in mixing ratio of the acceptor material to the donor material (A/D ratio) is made depending on characteristics of each light emitting material of the organic EL elements 30R, 30G, and 30B. By such a method, a hole injecting layer material can be adjusted and its ionization potential can be controlled. In the case where a hole injecting layer material is a single composition material, material development corresponding to the number of emission colors has been needed to enhance luminous efficiency for each emission color. However, with the use of a mixture material of a donor material and an acceptor material, design and manufacture are easy.

[0022]

In the case where a difference in A/D ratio is made between at least two kinds of the organic EL elements 30R, 30G, and 30B, the A/D ratio in each hole injecting layer 27 is preferably in the range of 5 to 30. If the A/D ratio exceeds the upper limit mentioned above, in at least one kind of the organic EL elements 30R, 30G, and 30B, the hole current may be significantly increased compared to the electron current, and the electron-hole carrier balance  $\chi$  may become small, which means luminous efficiency may become low. In addition, in the case where the A/D ratio is less than the lower limit mentioned above, in at least one kind of the organic EL elements 30R, 30G, and 30B, the hole current may become significantly insufficient compared to the electron current, and the electron-hole carrier balance  $\chi$  may also become small, which means luminous efficiency may become low.

[0023]

In addition, in the case where a difference in A/D ratio is made between at least two kinds of the organic EL elements 30R, 30G, and 30B, the difference in A/D ratio between them is preferably 1 or more. If the difference in A/D ratio is small, there are cases where the effect of making a difference in electron-hole carrier balance  $\chi$  does not significantly appear. Note that, as the A/D ratio is increased, the ionization potential is increased and the amount of hole injection into the light emitting layer 28 is increased.

[0024]

Next, materials that can be used for major components of the organic EL display device 1 according to this embodiment, and the like are described.

As the substrate 11, anything that can hold a structure formed thereover may be used. As the substrate 11, a hard substrate such as a glass substrate is common, but a flexible substrate such as a plastic sheet may be used depending on intended use of the organic EL display device 1.

[0025]

In the case where the organic EL display device 1 is of a bottom emission type where light is emitted from the substrate 11 side, transparent electrodes having a light transmitting property are used as the anodes 25. As a material of the transparent electrodes, a transparent conductive material such as ITO (indium tin oxide) can be used. The transparent electrodes can be obtained by, for example, depositing a transparent conductive material such as ITO by an evaporation method, a sputtering method, or the like and by patterning the thus obtained thin film using a photolithography technique.

[0026]

The partition insulating layer 26 may have a single-layer structure or may have a multilayer structure. For example, the partition insulating layer 26 may be formed with the insulating layer 26b alone. However, in the case where the partition insulating layer 26 is formed with the insulating layers 26a and 26b, the position accuracy and the cross-sectional shape of the hole injecting layers 27 and the light emitting layers 28 can be controlled with higher accuracy.

[0027]

As a material of the insulating layer 26a, for example, an inorganic insulating material such as silicon nitride or silicon oxide can be used. The insulating layer 26a made from such an inorganic insulating material exhibits a relatively high hydrophilic property. As a material of the insulating layer 26b, for example, an organic insulating material such as a photosensitive resin can be used.

[0028]

In the case where a mixture containing a donor material and an acceptor material is used as a material of the hole injecting layers 27, as such a mixture, for example, a mixture containing a donor polymeric organic compound and an acceptor

polymeric organic compound can be used. As examples of donor polymeric organic compounds, polythiophene derivatives such as polyethylene dioxythiophene, polyaniline derivatives such as polyaniline, and the like can be given. In addition, as examples of acceptor polymeric organic compounds, polystyrene sulfonate and the like  
5 can be given.

[0029]

The hole injecting layers 27 can be obtained by, for example, filling by a solution coating method liquid pits formed by the partition insulating layer 26 with a solution of a mixture of a donor polymeric organic compound and an acceptor  
10 polymeric organic compound which is dissolved in an organic solvent and by drying liquid films in the liquid pits to remove the solvent from the liquid films. As examples of solution coating methods that can be used to form the buffer layers 27, an ink-jet method and the like can be given.

[0030]

15 As a material of the light emitting layers 28, a luminescent organic compound which is commonly used for an organic EL display device can be used. Among such organic compounds, as examples of ones that emit red light, polymeric compounds having an alkyl or alkoxy substituent on benzene ring of a polyvinylene styrene derivative, polymeric compounds having a cyano group on vinylene group of a  
20 polyvinylene styrene derivative, and the like can be given. As examples of organic compounds that emit green light, polyvinylene styrene derivatives in which an alkyl, alkoxy, or aryl derivative substituent is introduced onto benzene ring, and the like can be given. As examples of organic compounds that emit blue light, polyfluorene derivatives such as a copolymer of dialkylfluorene and anthracene, and the like can be  
25 given. The light emitting layers 28 can also be formed by a method similar to that described for the hole injecting layers 27.

[0031]

The cathode 29 may have a single-layer structure or may have a multilayer structure. In the case where the cathode 29 has a multilayer structure, for example, a  
30 two-layer structure may be employed in which a main conductor layer containing barium, calcium, or the like and a protective conductor layer containing silver, aluminum, or the like are sequentially stacked over the light emitting layers 28.

Alternatively, a two-layer structure may be employed in which a nonconductor layer containing barium fluoride or the like and a conductor layer containing silver, aluminum, or the like are sequentially stacked over the light emitting layers 28. Still alternatively, a three-layer structure may be employed in which a nonconductor layer containing barium fluoride or the like, a main conductor layer containing barium, calcium, or the like, and a protective conductor layer containing silver, aluminum, or the like are sequentially stacked over the light emitting layers 28.

[0032]

Next, a second embodiment of the present invention is described.

FIG. 2 is a cross-sectional view schematically illustrating an organic EL display device according to the second embodiment of the present invention. An organic EL display device 1 illustrated in FIG. 2 has a structure similar to that of the organic EL display device 1 illustrated in FIG. 1, except that there is a difference in thickness between hole injecting layers 27 of at least two kinds of organic EL elements 30R, 30G, and 30B.

[0033]

The hole injecting layer 27 can be regarded as a resistor which is serially connected to the light emitting layer 28, and the resistance of the hole injecting layer 27 increases as its thickness increases. Thus, for example, when the hole injecting layer 27 of one that has lower luminous efficiency (external quantum efficiency)  $\phi_{\text{EXT}}$  among the organic EL elements 30R, 30G, and 30B is made thinner, the luminance of the element can be increased without increasing its power consumption. Therefore, according to this embodiment, the effect described in the first embodiment can be further enhanced.

[0034]

The thickness of the hole injecting layer 27 is preferably in the range of 5 nm to 100 nm. In the case where the hole injecting layer 27 is excessively thin, it may be difficult to form the hole injecting layer 27 as a continuous film with roughly uniform thickness. In addition, in the case where the hole injecting layer 27 is excessively thick, power consumption is increased due to the resistance of the hole injecting layer 27.

[0035]

In the case where a difference in thickness is made between the hole injecting layers 27 of at least two kinds of the organic EL elements 30R, 30G, and 30B, the difference in thickness between them is preferably 1 nm or more, more desirably, 5 nm or more. If the difference in thickness is small, there are cases where the resistances of the hole injecting layers 27 do not vary widely and the above-described effect does not significantly appear.

[0036]

In the first and second embodiments described above, the anodes 25 are provided over the passivation film 24, whereas the anodes 25 may be provided over the interlayer insulating film 21, which means that signal lines and the anodes 25 may be provided on the same plane. In addition, in the first and second embodiments, the organic EL display device 1 is of a bottom emission type, whereas it may be of a top emission type. Furthermore, in the case where the array substrate 2 is sealed with the counter substrate 3, element lifetime can be extended when a desiccant is encapsulated in the space between the substrates. In addition, when the space between the counter substrate 3 and the array substrate 2 is filled with a resin, heat dissipation characteristics can also be improved.

[0037]

[Example]

Hereinafter, examples of the present invention are described.

(Example 1)

In this example, the organic EL display device 1 illustrated in FIG. 1 was manufactured by the following method. Note that, in this example, the display portion panel size was 2.2 inches diagonally, and the resolution was 130 ppi (pixel per inch).

[0038]

First, on the side of the glass substrate 11 where the undercoat layers 11 and 12 were formed, film formation and patterning were repeated in a manner similar to a normal TFT forming process, whereby the polysilicon TFTs 20, the interlayer insulating film 21, the electrode wiring (not illustrated), the source-drain electrodes 23, and the passivation film 24 were formed.

[0039]

Next, over the passivation film 24, an ITO film was formed using a sputtering

method. Then, this ITO film was patterned using a photolithography technique, whereby anodes 31 were obtained. Note that the anodes 31 may be formed by a mask sputtering method.

[0040]

5           Next, on the side of the substrate 11 where the anodes 31 were formed, the hydrophilic layer 26a having an opening corresponding to a light emitting portion of each pixel was formed. Then, the side of the substrate 11 where the anodes 31 were formed was coated with a photosensitive resin, and the obtained coating film was subjected to pattern light exposure and development, whereby the water-repellent layer  
10   26b having an opening corresponding to the light emitting portion of each pixel was formed.

[0041]

          As described above, the partition insulating layer 26 in which the hydrophilic layer 26a and the water-repellent layer 26b were stacked was obtained. Note that the  
15   substrate 11 where the partition insulating layer 26 was formed was then subjected to surface treatment with a  $\text{CF}_4/\text{O}_2$  plasma gas, whereby the surface of the water-repellent layer 26b was fluorinated.

[0042]

          Next, to one that corresponds to the organic EL element 30R for red among the  
20   liquid pits formed by the partition insulating layer 26, an ink for forming a hole injecting layer was selectively discharged by an ink-jet method, and the thus obtained liquid film was heated, whereby the hole injecting layer 27 was formed. Then, to one that corresponds to the organic EL element 30G for green among the liquid pits formed by the partition insulating layer 26, an ink for forming a hole injecting layer was  
25   selectively discharged by an ink-jet method, and the thus obtained liquid film was heated, whereby the hole injecting layer 27 was formed. Furthermore, to one that corresponds to the organic EL element 30B for blue among the liquid pits formed by the partition insulating layer 26, an ink for forming a hole injecting layer was selectively discharged by an ink-jet method, and the thus obtained liquid film was heated, whereby  
30   the hole injecting layer 27 was formed.

[0043]

          Note                   that,                   in                   this                   example,

poly(3,4)-ethylenedioxythiophene-polystyrenesulfonate was used as a material of the hole injecting layer 27. That is, ethylenedioxythiophene was used as a donor material and polystyrenesulfonate was used as an acceptor material. In addition, the thickness of each of the hole injecting layers 27 corresponding to the organic EL elements 30R, 30G, and 30B was approximately 20 nm. Furthermore, the A/D ratio of the hole injecting layer 27 corresponding to the organic EL element 30R for red was 20; the A/D ratio of the hole injecting layer 27 corresponding to the organic EL element 30R for green was 18; and the A/D ratio of the hole injecting layer 27 corresponding to the organic EL element 30R for red was 25.

10 [0044]

Then, over the hole injecting layers 27 corresponding to the pixels for red, green, and blue, inks for forming light emitting layers for red, green, and blue were discharged, respectively, by an ink-jet method, and the thus obtained liquid films were heated, whereby the light emitting layers 28 were formed.

15 [0045]

Next, on the side of the substrate 11 where the light emitting layers 28 were formed, BaF<sub>2</sub> and Al were sequentially deposited by a vacuum evaporation method. Accordingly, the cathode 29 having a two-layer structure was formed. As described above, the TFT array substrate 2 was completed.

20 [0046]

After that, an ultraviolet curable resin was applied to a peripheral portion of one main surface of the glass substrate 3, whereby the sealing layer 4 was formed. Next, the glass substrate 3 and the array substrate 2 were attached to each other in a dry nitrogen atmosphere such that the side of the glass substrate 3 where the sealing layer 4 was provided and the side of the array substrate 2 where a cathode 32 was provided faced each other. Furthermore, the sealing layer was cured by ultraviolet irradiation, whereby the organic EL display device 1 illustrated in FIG. 1 was completed.

[0047]

Next, display performance of this organic EL display device 1 was measured. As a result, the luminous efficiencies (external current efficiencies) of the organic EL elements 30R, 30G, and 30B were 3.2 cd/A, 20.7 cd/A, and 4.1 cd/A, respectively. In addition, the panel front luminance was 40 cd/m<sup>2</sup> and the power consumption in

displaying a white screen was 30 mW.

[0048]

(Comparative Example)

The organic EL display device 1 illustrated in FIG. 1 was manufactured by a method similar to that described in Example 1, except that the A/D ratio of the hole injecting layer 27 of each of the organic EL elements 30R, 30G, and 30B was 20. That is, in this example, the hole injecting layers 27 of the organic EL elements 30R, 30G, and 30B had the same A/D ratio and thickness.

[0049]

As to this organic EL display device 1, the luminous efficiencies of the organic EL elements 30R, 30G, and 30B were measured and they were 3.2 cd/A, 15.3 cd/A, and 2.3 cd/A, respectively. That is, in this example, the luminous efficiencies of the organic EL elements 30G and 30B were lower than those in Example 1. In addition, this organic EL display device 1 displayed a white screen under the same driving conditions as those in Example 1, and as the luminous efficiencies of the organic EL elements 30G and 30B decreased, white balance was lost and redness was increased. When the driving currents of the organic EL elements 30G and 30B were increased to correct this, the power consumption in displaying a white screen was increased to 62 mW.

[0050]

(Example 2)

The organic EL display device 1 illustrated in FIG. 2 was manufactured by a method similar to that described in Example 1, except that the thickness of the hole injecting layer 27 corresponding to the organic EL element 30R for red was 10 nm, the thickness of the hole injecting layer 27 corresponding to the organic EL element 30R for green was 30 nm, and the thickness of the hole injecting layer 27 corresponding to the organic EL element 30R for red was 40 nm. That is, in this example, differences in both A/D ratio and thickness were made among the hole injecting layers 27 of the organic EL elements 30R, 30G, and 30B.

[0051]

As to this organic EL display device 1, the luminous efficiencies of the organic EL elements 30R, 30G, and 30B were measured, and they were 3.6 cd/A, 22.7 cd/A, and



4.5 cd/A, respectively. That is, in this example, the luminous efficiency of each of the organic EL elements 30R, 30G, and 30B was improved compared to Example 1. In addition, this organic EL display device 1 displayed a white screen under the same driving conditions as those in Example 1, and the luminance was drastically increased.

5 Then, the driving currents of the organic EL elements 30R, 30G, and 30B were decreased such that the panel front luminance became 40 cd/m<sup>2</sup>, and the power consumption in displaying a white screen was decreased down to 24 mW.

[0052]

[Effect of the Invention]

10 As described above, in the present invention, a difference in composition is made between hole injecting layers of at least two of first to third organic EL elements that emit light of different colors from each other. Thus, a difference in electron-hole carrier balance  $\chi$  can be made between them, and high luminous efficiency (external quantum efficiency)  $\phi_{EXT}$  can be realized in each of these organic EL elements, and in  
15 addition, a difference in luminous efficiency (external quantum efficiency)  $\phi_{EXT}$  between them can be reduced. Therefore, according to the present invention, both high luminance and low power consumption can be realized in all organic EL elements.

That is, according to the present invention, an organic EL display device is provided which can realize both high luminance and low power consumption in all  
20 pixels that emit light of different colors from each other.

[Brief Description of the Drawings]

[FIG. 1] A cross-sectional view schematically illustrating an organic EL display device according to a first embodiment of the present invention.

25 [FIG. 2] A cross-sectional view schematically illustrating an organic EL display device according to a second embodiment of the present invention.

[Explanation of Reference]

1 ... Organic EL Display Device  
30 2 ... Array Substrate  
3 ... Sealing Substrate  
4 ... Sealing Layer

- 11 ... Substrate
- 12 ... Undercoat Layer
- 13 ... Undercoat Layer
- 14 ... Semiconductor Layer
- 5     15 ... Gate Insulating Film
- 16 ... Gate Electrode
- 20 ... TFT
- 21 ... Interlayer Insulating Film
- 23 ... Source-Drain Electrode
- 10    24 ... Passivation Film
- 25 ... Anode
- 26 ... Partition Insulating Layer
- 26a, 26b ... Insulating Layer
- 27 ... Hole Injecting Layer
- 15    28 ... Light Emitting Layer
- 29 ... Cathode
- 30R, 30G, 30B ... Organic EL Element

Continued from the front page

(74) Agent: 100070437

Patent Attorney, Shoji KAWAI

5 (72) Inventor: Kazue YAMAMOTO

c/o Fukaya Factory, TOSHIBA CORPORATION

1-9-2, Hatara-cho, Fukaya-shi, Saitama

(72) Inventor: Katsuyuki NAITO

c/o Corporate Research & Development Center, TOSHIBA

10 CORPORATION

1, Komukai Toshiba-cho, Saiwai-ku, Kawasaki-shi, Kanagawa

(72) Inventor: Shintaro ENOMOTO

c/o Corporate Research & Development Center, TOSHIBA

CORPORATION

15 1, Komukai Toshiba-cho, Saiwai-ku, Kawasaki-shi, Kanagawa

(72) Inventor: Akio SUZUKI

c/o Fukaya Factory, TOSHIBA CORPORATION

1-9-2, Hatara-cho, Fukaya-shi, Saitama

F Term (Reference) 3K007 AB02 AB03 AB04 BA06 CB01 CB04 DB03

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-119201

(P2004-119201A)

(43) 公開日 平成16年4月15日(2004.4.15)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

H05B 33/22

H05B 33/12

H05B 33/14

F I

H05B 33/22

H05B 33/12

H05B 33/14

D

B

A

テーマコード(参考)

3K007

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2002-281204 (P2002-281204)  
 (22) 出願日 平成14年9月26日(2002.9.26)

(71) 出願人 000003078  
 株式会社東芝  
 東京都港区芝浦一丁目1番1号  
 (74) 代理人 100058479  
 弁理士 鈴江 武彦  
 (74) 代理人 100084618  
 弁理士 村松 貞男  
 (74) 代理人 100068814  
 弁理士 坪井 淳  
 (74) 代理人 100092196  
 弁理士 橋本 良郎  
 (74) 代理人 100091351  
 弁理士 河野 哲  
 (74) 代理人 100088683  
 弁理士 中村 誠

最終頁に続く

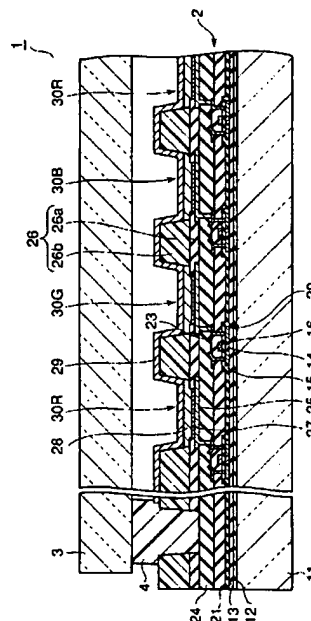
(54) 【発明の名称】 有機EL表示装置

(57) 【要約】

【課題】 発光色が互いに異なる全ての画素で高い輝度と低い消費電力との双方を実現し得る有機EL表示装置を提供すること。

【解決手段】 本発明の有機EL表示装置1は、基板11と、基板11の一方の主面上で配列し且つ互いに発光色が異なる第1乃至第3有機EL素子30R、30G、30Bとを具備し、第1乃至第3有機EL素子30R、30G、30Bのそれぞれは、陽極25と、陽極25に対向した陰極29と、陽極25と陰極29との間に介在した発光層28と、陽極25と発光層28との間に介在した正孔注入層27とを備え、第1乃至第3有機EL素子30R、30G、30Bの少なくとも2つで正孔注入層27はドナー性材料とアクセプタ性材料とを含有し、第1乃至第3有機EL素子30R、30G、30Bの少なくとも2つの間でドナー性材料に対するアクセプタ性材料の比が互いに異なっていることを特徴とする。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

基板と、前記基板の一方の主面上で配列し且つ互いに発光色が異なる第1乃至第3有機EL素子とを具備し、

前記第1乃至第3有機EL素子のそれぞれは、陽極と、前記陽極に対向した陰極と、前記陽極と前記陰極との間に介在した発光層と、前記陽極と前記発光層との間に介在した正孔注入層とを備え、

前記第1乃至第3有機EL素子の少なくとも2つで前記正孔注入層はドナー性材料とアクセプタ性材料とを含有し、前記第1乃至第3有機EL素子の少なくとも2つの間で前記ドナー性材料に対する前記アクセプタ性材料の比が互いに異なっていることを特徴とする有機EL表示装置。 10

## 【請求項2】

前記第1乃至第3有機EL素子の少なくとも2つの間で前記正孔注入層の厚さが互いに異なっていることを特徴とする請求項1に記載の有機EL表示装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、有機EL（エレクトロルミネッセンス）表示装置に係り、特に、各有機EL素子が正孔注入層を備えた有機EL表示装置に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

近年の情報化社会の進展に伴い、各種モバイル機器や端末機器は益々普及し、それらに搭載される表示装置への低消費電力化の要求は高まる一方である。有機EL素子は、自発光型の面発光ダイオード（C. W. Tang and S. A. VanSlyke, Appl. Phys. Lett. 51, 913 (1987)）であり、10V以下の低電圧印加により発光を生じさせることや、青、緑、赤の3色をはじめとする様々な発光色を実現することができる。これらの点から、有機EL表示装置は、液晶表示装置に代わる次世代平面表示装置の有力候補として注目を集めている。しかしながら、有機EL表示装置には、以下の問題がある。

## 【0003】

有機EL表示装置の有機EL素子からガラス基板を透過して装置外部へと放射される光子数 $P$ は、素子を流れる単位面積当りの電流密度を $J$ 、発光効率（外部量子効率）を $\phi_{EXT}$ とすると、以下の等式：

$$P = \phi_{EXT} \cdot A \cdot J / e \quad \cdots (1)$$

で表される。なお、この等式（1）において、 $A$ は素子面積を示し、 $e$ は電気素量を示している。上記等式（1）から明らかなように、 $\phi_{EXT}$ が大きければ、小さな電流で十分な表示輝度を実現でき、高輝度化と低消費電力化とを同時に達成することができる。

## 【0004】

発光効率（外部量子効率） $\phi_{EXT}$ は、電子・正孔キャリアバランスを $\chi$ 、発光層を構成する材料のPL（フォトルミネッセンス）発光効率を $\phi_{PL}$ 、光取出し効率を $\phi_{OUT}$ とすると、以下の等式：

$$\phi_{EXT} = \chi \cdot \phi_{PL} \cdot \phi_{OUT} \quad \cdots (2)$$

で表される。

## 【0005】

通常、画素構造が同じであれば光取出し効率 $\phi_{OUT}$ は、赤、緑、青色に対応した画素間で同一となる。したがって、高輝度化と低消費電力化とを同時に達成するには、赤、緑、青色の各色について、電子・正孔キャリアバランス $\chi$ 及びPL発光効率 $\phi_{PL}$ を高め、それにより、発光効率（外部量子効率） $\phi_{EXT}$ を高めて光子数 $P$ を増大させる必要がある。

## 【0006】

しかしながら、一般に、P L 発光効率  $\phi_{PL}$  は、赤、緑、青色に発光する発光材料間で互いに異なる。そのため、赤、緑、青色の発光色について P L 発光効率  $\phi_{PL}$  を高く且つほぼ等しくするには、新規な発光材料の開発、発光材料の精製、及び適当な組み合わせの選択などが要求される。

#### 【0007】

他方、電子・正孔キャリアバランス  $\chi$  は、デバイス構造に依存し、なかでも正孔注入層及び陰極の構成に強く依存する。電子・正孔キャリアバランス  $\chi$  は、電子電流を  $J_e$ 、正孔電流を  $J_h$  とし、電子がマイナリティキャリアであるとする、次式で近似することができる。

$$\chi = 2 J_e / (J_e + J_h) \quad \cdots (3)$$

電子電流  $J_e$  には発光層／陰極の障壁高さが影響を与え、正孔電流  $J_h$  には正孔注入層／発光層の障壁高さが影響を与える。また、発光色が異なれば、当然、発光材料のエネルギー準位も異なる。そのため、赤、緑、青色の画素間で正孔注入層と陰極とに同一の構造を採用している従来の有機 E L 表示装置では、それら画素間で電子電流  $J_e$  及び正孔電流  $J_h$  が互いに異なることとなる。すなわち、従来の有機 E L 表示装置では、電子・正孔キャリアバランス  $\chi$  も、赤、緑、青色の画素間で互いに異なる。

#### 【0008】

このように電子・正孔キャリアバランス  $\chi$  及び P L 発光効率  $\phi_{PL}$  が赤、緑、青色の画素間で互いに異なっていると、白バランスを確保すべく、赤、緑、青色の画素間で輝度をバランスさせるには、それら画素間で電流密度  $J$  を異ならしめる必要がある。しかしながら、電子・正孔キャリアバランス  $\chi$  や P L 発光効率  $\phi_{PL}$  がより低い画素の電流密度  $J$  を高めた場合、その画素の消費電力が大きくなるのに加え、その画素の寿命が著しく短くなる。そのため、従来の有機 E L 表示装置では、電子・正孔キャリアバランス  $\chi$  や P L 発光効率  $\phi_{PL}$  がより高い画素の輝度を犠牲にせざるを得ない。すなわち、従来の有機 E L 表示装置では、発光色が互いに異なる全ての画素で高い輝度と低い消費電力との双方を実現することは困難であった。

#### 【0009】

##### 【発明が解決しようとする課題】

本発明は、上記問題点を鑑みて為されたものであり、発光色が互いに異なる全ての画素で高い輝度と低い消費電力との双方を実現し得る有機 E L 表示装置を提供することを目的とする。

また、本発明は、発光色毎に発光効率を最適化した有機 E L 表示装置を提供することを目的とする。

#### 【0010】

##### 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明は、基板と、前記基板の一方の主面上で配列し且つ互いに発光色が異なる第1乃至第3有機 E L 素子とを具備し、前記第1乃至第3有機 E L 素子のそれぞれは、陽極と、前記陽極に対向した陰極と、前記陽極と前記陰極との間に介在した発光層と、前記陽極と前記発光層との間に介在した正孔注入層とを備え、前記第1乃至第3有機 E L 素子の少なくとも2つで前記正孔注入層はドナー性材料とアクセプタ性材料とを含有し、前記第1乃至第3有機 E L 素子の少なくとも2つの間で前記ドナー性材料に対する前記アクセプタ性材料の比が互いに異なっていることを特徴とする有機 E L 表示装置を提供する。

#### 【0011】

本発明において、第1乃至第3有機 E L 素子の少なくとも2つの間で正孔注入層の厚さが互いに異なってもよい。

なお、本発明において、ドナー性材料に対するアクセプタ性材料の比、すなわち A / D 比は、モル比（重合体である場合には繰り返し単位の数の比）、質量比、及び体積比の何れであってもよいが、以下、特に記載がない限り、A / D 比はドナー性材料に対するアクセプタ性材料の重量比を意味していることとする。

10

20

30

40

50

## 【0012】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、各図において、同様または類似する構成要素には同一の参照符号を付し、重複する説明は省略する。

## 【0013】

図1は、本発明の第1の実施形態に係る有機EL表示装置を概略的に示す断面図である。図1に示す有機EL表示装置1は、アレイ基板2と封止基板3とをシール層4を介して対向させた構造を有している。シール層4は封止基板3の周縁に沿って設けられており、それにより、アレイ基板2と封止基板3との間に密閉された空間を形成している。この空間は、Arガスなどの希ガスやN<sub>2</sub>ガスのような不活性ガスで満たされている。

10

## 【0014】

アレイ基板2は、基板11を有している。基板11上には、アンダーコート層として、例えば、SiN<sub>x</sub>層12とSiO<sub>2</sub>層13とが順次積層されている。アンダーコート層13上には、チャンネル及びソース・ドレインが形成されたポリシリコン層のような半導体層14、ゲート絶縁膜15、及びゲート電極16が順次積層されており、それらはトップゲート型の薄膜トランジスタ（以下、TFTという）20を構成している。

## 【0015】

ゲート絶縁膜15及びゲート電極16上には、SiO<sub>2</sub>などからなる層間絶縁膜21が設けられている。層間絶縁膜21上には電極配線（図示せず）及びソース・ドレイン電極23が設けられており、それらは、SiN<sub>x</sub>などからなるパッシベーション膜24で埋め込まれている。なお、ソース・ドレイン電極23は、層間絶縁膜21に設けられたコンタクトホールを介してTFT20のソース・ドレインに電氣的に接続されている。

20

## 【0016】

パッシベーション膜24上には、透明画素電極（陽極）25及び隔壁絶縁層26が並置されている。隔壁絶縁層26は、親水性の絶縁層26aと撥水性の絶縁層26bとを順次積層した構造を有している。また、隔壁絶縁層26には、それぞれの陽極25に対応して開口が設けられている。

## 【0017】

隔壁絶縁層26の開口内で露出した陽極25上には、正孔注入層（或いは、バッファ層）27及び有機発光層28が順次積層されている。正孔注入層27は、例えばドナー性材料とアクセプタ性材料とを含有しており、陽極25から有機発光層28への正孔の注入を媒介する役割を果たす。また、有機発光層28は、例えば、発光色が赤色、緑色、または青色のルミネセンス性有機化合物を含んだ薄膜である。

30

## 【0018】

隔壁絶縁層26及び発光層28上には共通電極（陰極）29が設けられており、陰極29はパッシベーション膜24及び隔壁絶縁層26に設けられたコンタクトホール（図示せず）を介して電極配線に電氣的に接続されている。発光色が赤、緑、青色の有機EL素子30R、30G、30Bのそれぞれは、これら陽極25、正孔注入層27、発光層28、陰極29で構成されている。

40

## 【0019】

さて、本実施形態では、有機EL素子30R、30G、30Bの少なくとも2種間で、正孔注入層27の材料を異ならしめる。正孔注入層27／発光層28の障壁高さは正孔注入層27の材料に応じて変化する。したがって、上記等式（3）から明らかなように、有機EL素子30R、30G、30Bの発光色毎に正孔注入層27の材料を最適化すれば、有機EL発光層の材料特性に合わせて電子・正孔キャリアバランスχを最適化することができる。

## 【0020】

それゆえ、有機EL素子30R、30G、30Bのそれぞれについて正孔注入層27中の材料を適宜設定することにより、有機EL素子30R、30G、30Bのそれぞれで高い

50

発光効率（外部量子効率） $\phi_{EXT}$ を実現できるのに加え、それらの間で発光効率（外部量子効率） $\phi_{EXT}$ の差を低減することができる。したがって、有機EL素子30R、30G、30Bの全てで高い輝度と低い消費電力との双方を実現することが可能となる。

#### 【0021】

本実施形態において、正孔注入層27の材料を適宜設定するために、有機EL素子30R、30G、30Bのそれぞれの正孔注入層27を同じ組成のドナー性材料とアクセプタ性材料とを含有した混合物で構成し、有機EL素子30R、30G、30Bの各発光材料特性に合わせてドナー性材料とアクセプタ性材料の混合比（A/D比）を異ならしめる。このような方法で正孔注入層材料を調整し、イオン化ポテンシャルの制御を行うことができる。正孔注入層材料が単一組成材料の場合には、発光色毎で発光効率を高めるためには発光色数に対応した材料開発が必要であったが、ドナー性材料とアクセプタ性材料の混合材料を用いることにより、設計及び製造が容易である。

10

#### 【0022】

有機EL素子30R、30G、30Bの少なくとも2種間でA/D比を異ならしめる場合、それぞれの正孔注入層27中のA/D比は5乃至30の範囲内とすることが好ましい。A/D比が上記の上限値を超えると、有機EL素子30R、30G、30Bの少なくとも1種類において、正孔電流が電子電流よりも大幅に増え、電子・正孔キャリアバランス $\chi$ が小さな値となる、すなわち低い発光効率となることがある。また、A/D比が上記の下限値未満である場合、有機EL素子30R、30G、30Bの少なくとも1種類において、正孔電流が電子電流に比べて大幅に不足し、やはり電子・正孔キャリアバランス $\chi$ が小さな値となる、すなわち低い発光効率となることがある。

20

#### 【0023】

また、有機EL素子30R、30G、30Bの少なくとも2種間でA/D比を異ならしめる場合、それらの間のA/D比の差は1以上であることが好ましい。A/D比の差が小さいと、電子・正孔キャリアバランス $\chi$ を異ならしめる効果が顕著には現われないことがある。なお、A/D比を高めると、イオン化ポテンシャルが大きくなり、発光層28への正孔注入量が多くなる。

#### 【0024】

次に、本実施形態に係る有機EL表示装置1の主要な構成要素に使用可能な材料などについて説明する。

30

基板11としては、その上に形成される構造を保持可能なものである、どのようなものを用いてもよい。基板11としては、ガラス基板のように硬質な基板が一般的であるが、有機EL表示装置1の用途によっては、プラスチックシートなどのようにフレキシブルな基板を使用してもよい。

#### 【0025】

有機EL表示装置1が基板11側から光を発する下面発光型の場合、陽極25としては光透過性を有する透明電極を使用する。透明電極の材料としては、ITO（インジウム・スズ酸化物）等の透明導電材料を使用することができる。透明電極は、例えば、ITO等の透明導電材料を蒸着法やスパッタリング法等により堆積し、それにより得られる薄膜をフォトリソグラフィ技術を用いてパターンニングすることにより得ることができる。

40

#### 【0026】

隔壁絶縁層26は、単層構造を有していてもよく、或いは、多層構造を有していてもよい。例えば、隔壁絶縁層26を絶縁層26bのみで構成してもよい。但し、隔壁絶縁層26を絶縁層26a、26bで構成した場合、正孔注入層27や発光層28の位置精度及び断面形状をより高精度に制御可能となる。

#### 【0027】

絶縁層26aの材料としては、例えば、シリコン窒化物やシリコン酸化物のような無機絶縁材料を使用することができる。これら無機絶縁材料からなる絶縁層26aは比較的高い親水性を示す。絶縁層26bの材料としては、例えば、感光性樹脂のような有機絶縁材料を使用することができる。

50



## 【0028】

正孔注入層27の材料としてドナー性材料とアクセプタ性材料とを含有した混合物を使用する場合、そのような混合物として、例えば、ドナー性の高分子有機化合物とアクセプタ性の高分子有機化合物とを含有した混合物を使用することができる。ドナー性の高分子有機化合物としては、例えば、ポリエチレンジオキシチオフェンのようなポリチオフェン誘導体やポリアニリンのようなポリアニリン誘導体などを挙げることができる。また、アクセプタ性の高分子有機化合物としては、例えば、ポリスチレンスルホン酸などを挙げることができる。

## 【0029】

正孔注入層27は、例えば、隔壁絶縁層26が形成する液溜めを、溶液塗布法によりドナー性の高分子有機化合物とアクセプタ性の高分子有機化合物との混合物を有機溶媒中に溶解してなる溶液で満たし、液溜め内の液膜を乾燥させて、それら液膜から溶媒を除去することにより得られる。パッファ層27を形成するのに利用可能な溶液塗布法としては、例えば、インクジェット法などを挙げることができる。

## 【0030】

発光層28の材料としては、有機EL表示装置で一般に使用されているルミネセンス性有機化合物を用いることができる。そのような有機化合物のうち赤色に発光するものとしては、例えば、ポリビニレンスチレン誘導体のベンゼン環にアルキルまたはアルコキシ置換基を有する高分子化合物や、ポリビニレンスチレン誘導体のビニレン基にシアノ基を有する高分子化合物などを挙げることができる。緑色の発光する有機化合物としては、例えば、アルキルまたはアルコキシまたはアリール誘導体置換基をベンゼン環に導入したポリビニレンスチレン誘導体などを挙げることができる。青色に発光する有機化合物としては、例えば、ジアルキルフルオレンとアントラセンの共重合体のようなポリフルオレン誘導体などを挙げることができる。発光層28も、正孔注入層27に関して説明したのと同様の方法により形成することができる。

## 【0031】

陰極29は、単層構造を有していてもよく、或いは、多層構造を有していてもよい。陰極29を多層構造とする場合、例えば、発光層28上にバリウムやカルシウムなどを含有した主導体層と銀やアルミニウムなどを含有した保護導体層とを順次積層してなる二層構造としてもよい。また、発光層28上にフッ化バリウムなどを含有した非導体層と銀やアルミニウムなどを含有した導体層とを順次積層してなる二層構造としてもよい。さらに、発光層28上にフッ化バリウムなどを含有した非導体層とバリウムやカルシウムなどを含有した主導体層と銀やアルミニウムなどを含有した保護導体層とを順次積層してなる三層構造としてもよい。

## 【0032】

次に、本発明の第2の実施形態について説明する。

図2は、本発明の第2の実施形態に係る有機EL表示装置を概略的に示す断面図である。図2に示す有機EL表示装置1は、有機EL素子30R、30G、30Bの少なくとも2種間で正孔注入層27の厚さが異なっていること以外は図1に示す有機EL表示装置1と同様の構造を有している。

## 【0033】

正孔注入層27は発光層28に直列接続された抵抗とみなすことができ、正孔注入層27の抵抗値はその厚さの増加とともに上昇する。そのため、例えば、有機EL素子30R、30G、30Bのうち発光効率（外部量子効率） $\phi_{\text{ext}}$ が低いものの正孔注入層27をより薄くすれば、その素子の消費電力を増大させることなく輝度を高めることができる。したがって、本実施形態によると、第1の実施形態で説明した効果をさらに高めることができる。

## 【0034】

正孔注入層27の膜厚は、5nm乃至100nmの範囲内とすることが好ましい。正孔注入層27が過剰に薄い場合、正孔注入層27をほぼ均一な厚さの連続膜として形成するこ

10

20

30

40

50

とが困難となることがある。また、正孔注入層 27 が過剰に厚い場合、正孔注入層 27 の抵抗値に起因して消費電力が高くなる。

#### 【0035】

有機 EL 素子 30R, 30G, 30B の少なくとも 2 種間で正孔注入層 27 の膜厚を異ならしめる場合、それらの間の膜厚の差は 1 nm 以上、より望ましくは 5 nm 以上であることが好ましい。膜厚の差が小さいと、正孔注入層 27 の抵抗値が大きくは変化せず、上記の効果が顕著には現われないことがある。

#### 【0036】

上述した第 1 及び第 2 の実施形態では、陽極 25 をパッシベーション膜 24 上に設けたが、陽極 25 は層間絶縁膜 21 上に、つまり信号線と陽極 25 とを同一平面上に設けてもよい。また、第 1 及び第 2 の実施形態では有機 EL 表示装置 1 を下面発光型としたが、上面発光型とすることもできる。さらに、アレイ基板 2 を対向基板 3 によりシーリングする場合、基板間の空間に乾燥剤を封入することで、素子の長寿命化を図ることも可能であり、また、対向基板 3 とアレイ基板 2 との間に樹脂を充填して放熱特性を向上させることもできる。

#### 【0037】

##### 【実施例】

以下、本発明の実施例について説明する。

##### （実施例 1）

本例では、図 1 に示す有機 EL 表示装置 1 を以下の方法により作製した。なお、本例では、表示部パネルサイズを対角 2.2 インチとし、精細度は 130 ppi (pixel per inch) とした。

#### 【0038】

まず、ガラス基板 11 のアンダーコート層 11, 12 が形成された面に対し、通常の TFT 形成プロセスと同様に成膜とパターニングとを繰り返し、ポリシリコン TFT 20、層間絶縁膜 21、電極配線（図示せず）、ソース・ドレイン電極 23、及びパッシベーション膜 24 を形成した。

#### 【0039】

次に、パッシベーション膜 24 上に、スパッタリング法を用いて ITO 膜を形成した。続いて、この ITO 膜を、フォトリソグラフィ技術を用いてパターニングすることにより陽極 31 を得た。なお、陽極 31 は、マスクスパッタリング法により形成してもよい。

#### 【0040】

次いで、基板 11 の陽極 31 を形成した面に、各画素の発光部に対応して開口を有する親水層 26a を形成した。続いて、基板 11 の陽極 31 を形成した面に、感光性樹脂を塗布し、得られた塗膜をパターン露光及び現像することにより、各画素の発光部に対応して開口を有する撥水層 26b を形成した。

#### 【0041】

以上のようにして、親水層 26a と撥水層 26b とを積層してなる隔壁絶縁層 26 を得た。なお、隔壁絶縁層 26 を形成した基板 11 には  $\text{CF}_4 / \text{O}_2$  プラズマガスを用いた表面処理を施し、撥水層 26b の表面をフッ素化した。

#### 【0042】

次に、隔壁絶縁層 26 が形成するそれぞれの液溜めのうち、赤色の有機 EL 素子 30R に対応したのに対して、インクジェット法により正孔注入層形成用インクを選択的に吐出し、それにより得られる液膜を加熱することにより正孔注入層 27 を形成した。続いて、隔壁絶縁層 26 が形成するそれぞれの液溜めのうち、緑色の有機 EL 素子 30G に対応したのに対して、インクジェット法により正孔注入層形成用インクを選択的に吐出し、それにより得られる液膜を加熱することにより正孔注入層 27 を形成した。さらに、隔壁絶縁層 26 が形成するそれぞれの液溜めのうち、青色の有機 EL 素子 30B に対応したのに対して、インクジェット法により正孔注入層形成用インクを選択的に吐出し、それにより得られる液膜を加熱することにより正孔注入層 27 を形成した。

## 【0043】

なお、本例では、正孔注入層27の材料としてポリ(3,4)-エチレンジオキシチオフエーポリスチレンスルホン酸を使用した。すなわち、ドナー性材料としてエチレンジオキシチオフエーを使用し、アクセプタ性材料としてポリスチレンスルホン酸を使用した。また、有機EL素子30R, 30G, 30Bに対応した正孔注入層27の全てについて、膜厚は20nm程度とした。さらに、赤色の有機EL素子30Rに対応した正孔注入層27ではA/D比を2.0とし、緑色の有機EL素子30Rに対応した正孔注入層27ではA/D比を1.8とし、赤色の有機EL素子30Rに対応した正孔注入層27ではA/D比を2.5とした。

## 【0044】

続いて、赤、緑、青色の画素に対応した正孔注入層27上に、それぞれ、赤、緑、青色の発光層形成用インクをインクジェット法により吐出し、それにより得られる液膜を加熱することにより発光層28を形成した。

## 【0045】

次いで、基板11の発光層28を形成した面に、真空蒸着法により、BaF<sub>2</sub>及びAlを順次成膜した。これにより、二層構造の陰極29を形成した。以上のようにして、TFTアレイ基板2を完成した。

## 【0046】

その後、ガラス基板3の一方の主面の周縁部に紫外線硬化型樹脂を塗布してシール層4を形成した。次いで、ガラス基板3とアレイ基板2とを、ガラス基板3のシール層4を設けた面とアレイ基板2の陰極32を設けた面とが対向するようにドライ窒素雰囲気中で貼り合せた。さらに、紫外線照射によりしてシール層を硬化させることにより、図1に示す有機EL表示装置1を完成した。

## 【0047】

次に、この有機EL表示装置1について、表示性能を測定した。その結果、有機EL素子30R, 30G, 30Bの発光効率(外部電流効率)は、それぞれ、3.2cd/A、2.0.7cd/A、4.1cd/Aであった。また、パネル正面輝度は40cd/m<sup>2</sup>であり、白表示時における消費電力は30mWであった。

## 【0048】

(比較例)

有機EL素子30R, 30G, 30Bの全てで正孔注入層27のA/D比を2.0としたこと以外は実施例1で説明したのと同様の方法により図1に示す有機EL表示装置1を作製した。すなわち、本例では、有機EL素子30R, 30G, 30B間で、正孔注入層27のA/D比及び膜厚を同一とした。

## 【0049】

この有機EL表示装置1について、有機EL素子30R, 30G, 30Bの発光効率を測定したところ、それぞれ、3.2cd/A、15.3cd/A、2.3cd/Aであった。すなわち、本例では、実施例1に比べ、有機EL素子30G, 30Bの発光効率が低かった。また、この有機EL表示装置1について、実施例1と同一の駆動条件で白表示を行ったところ、有機EL素子30G, 30Bの発光効率低下に伴い、白バランスが崩れ、赤みが増した。これを補正すべく有機EL素子30G, 30Bの駆動電流を増加させたところ、白表示時における消費電力は62mWに上昇した。

## 【0050】

(実施例2)

赤色の有機EL素子30Rに対応した正孔注入層27の膜厚を10nmとし、緑色の有機EL素子30Rに対応した正孔注入層27の膜厚を30nmとし、赤色の有機EL素子30Rに対応した正孔注入層27の膜厚を40nmとしたこと以外は実施例1で説明したのと同様の方法により図2に示す有機EL表示装置1を作製した。すなわち、本例では、有機EL素子30R, 30G, 30B間で、正孔注入層27のA/D比及び膜厚の双方を異ならしめた。

## 【0051】

この有機EL表示装置1について、有機EL素子30R、30G、30Bの発光効率を測定したところ、それぞれ、 $3.6 \text{ cd/A}$ 、 $22.7 \text{ cd/A}$ 、 $4.5 \text{ cd/A}$ であった。すなわち、本例では、実施例1に比べ、有機EL素子30R、30G、30Bの全ての発光効率が向上した。また、この有機EL表示装置1について、実施例1と同一の駆動条件で白表示を行ったところ、輝度は大幅に増加した。そこで、パネル正面輝度が $40 \text{ cd/m}^2$ となるように有機EL素子30R、30G、30Bの駆動源流を減少させたところ、白表示時における消費電力は $24 \text{ mW}$ にまで低下した。

## 【0052】

## 【発明の効果】

10

以上説明したように、本発明では、発光色が互いに異なる第1乃至第3有機EL素子の少なくとも2つの間で正孔注入層の組成を異ならしめる。そのため、それらの間で電子・正孔キャリアバランス $\chi$ を異ならしめることができ、それら有機EL素子のそれぞれで高い発光効率（外部量子効率） $\phi_{\text{EXT}}$ を実現できるのに加え、それらの間で発光効率（外部量子効率） $\phi_{\text{EXT}}$ の差を低減することができる。したがって、本発明によると、有機EL素子の全てで高い輝度と低い消費電力との双方を実現することが可能となる。すなわち、本発明によると、発光色が互いに異なる全ての画素で高い輝度と低い消費電力との双方を実現し得る有機EL表示装置が提供される。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る有機EL表示装置を概略的に示す断面図。

20

【図2】本発明の第2の実施形態に係る有機EL表示装置を概略的に示す断面図。

## 【符号の説明】

1…有機EL表示装置

2…アレイ基板

3…封止基板

4…シール層

11…基板

12…アンダーコート層

13…アンダーコート層

14…半導体層

30

15…ゲート絶縁膜

16…ゲート電極

20…TFT

21…層間絶縁膜

23…ソース・ドレイン電極

24…パッシベーション膜

25…陽極

26…隔壁絶縁層

26a、26b…絶縁層

27…正孔注入層

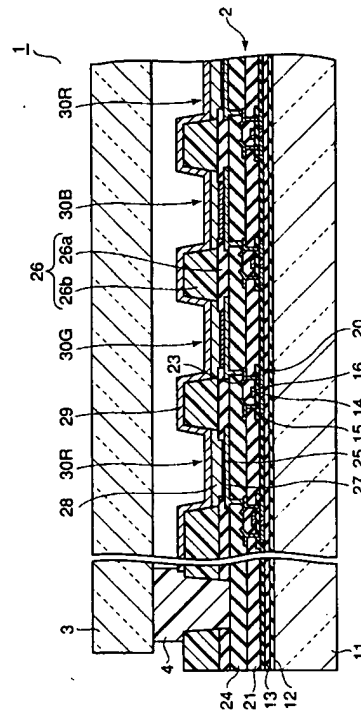
40

28…発光層

29…陰極

30R、30G、30B…有機EL素子

【图 2】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100070437

弁理士 河井 将次

(72)発明者 山本 和重

埼玉県深谷市幡羅町一丁目9番地2 株式会社東芝深谷工場内

(72)発明者 内藤 勝之

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 榎本 信太郎

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 鈴木 昭夫

埼玉県深谷市幡羅町一丁目9番地2 株式会社東芝深谷工場内

Fターム(参考) 3K007 AB02 AB03 AB04 BA06 CB01 CB04 DB03